

Analyse des Modes de Défaillance (AMDEC)

1. Généralités

L'AMDE et l'AMDEC sont des méthodes d'analyse de la fiabilité qui permettent de recenser les défaillances dont les conséquences affectent le fonctionnement du système dans le cadre d'une application donnée.

En règle générale, toute défaillance ou tout mode de défaillance d'un composant altère le fonctionnement du système. L'étude de la fiabilité, de la sécurité et de la disponibilité d'un système fait appel à deux types d'analyses complémentaires : l'analyse qualitative et l'analyse quantitative. L'analyse quantitative permet de calculer ou de prévoir les indices de performance du système pendant qu'il remplit une tâche spécifique ou lorsqu'il doit fonctionner sur une longue période dans des conditions particulières.

L'AMDE commence au niveau – composant ou sous système – pour lequel on dispose d'informations de base sur les défaillances (modes de défaillances premières). Partant des caractéristiques fondamentales des défaillances des éléments et de la structure fonctionnelle du système, l'AMDE permet de dégager la relation qui existe entre les défaillances des éléments et les défaillances, les dysfonctionnements, les contraintes opérationnelles et la dégradation du fonctionnement ou de l'intégrité du système. Pour pouvoir étudier les défaillances secondes ou d'un ordre plus élevé de système ou de sous – systèmes, il est parfois nécessaire d'examiner la suite chronologique des événements.

On utilise la notion de criticité pour définir la gravité des conséquences d'une défaillance. Il existe plusieurs catégories ou niveaux de criticité qui sont fonction du danger et de l'incapacité plus ou moins grande du système de fonctionner et, parfois, de la probabilité des défaillances.

2. Définition de l'AMDE

L'AMDE est une méthode inductive d'analyse de système utilisée pour l'étude systématique des modes de défaillances des composants et de leurs effets sur le système. Ainsi, elle a pour objectif :

- D'évaluer les effets et la séquence de chaque mode de défaillance sur les différentes fonctions du système,
- D'identifier les modes de défaillance ayant d'importants effets sur la SdF du système,
- Classer les modes de défaillance connus suivant la facilité avec laquelle on peut les détecter, les diagnostiquer, les simuler, changer un composant et suivant les moyens mis en œuvre pour y faire face et maintenir le système en état de marche (réparation, entretien et logistique,...etc.) ; ainsi que toute autre caractéristique pertinente,
- Etablir les échelles de signification et de probabilité de défaillance, à condition de pouvoir disposer des informations nécessaires.

3. Etapes d'élaboration :

On distingue quatre (04) principales étapes pour réaliser une AMDE (figure) :

- 1) Définition du système, de ses fonctions et de ses composants,
- 2) Etablissement des modes de défaillance – et de leurs causes – des composants,
- 3) Etude des effets de ces modes,
- 4) Conclusion et recommandation.

Notons qu'une AMDE ne peut être généralement réalisée que pour un état bien défini du système.

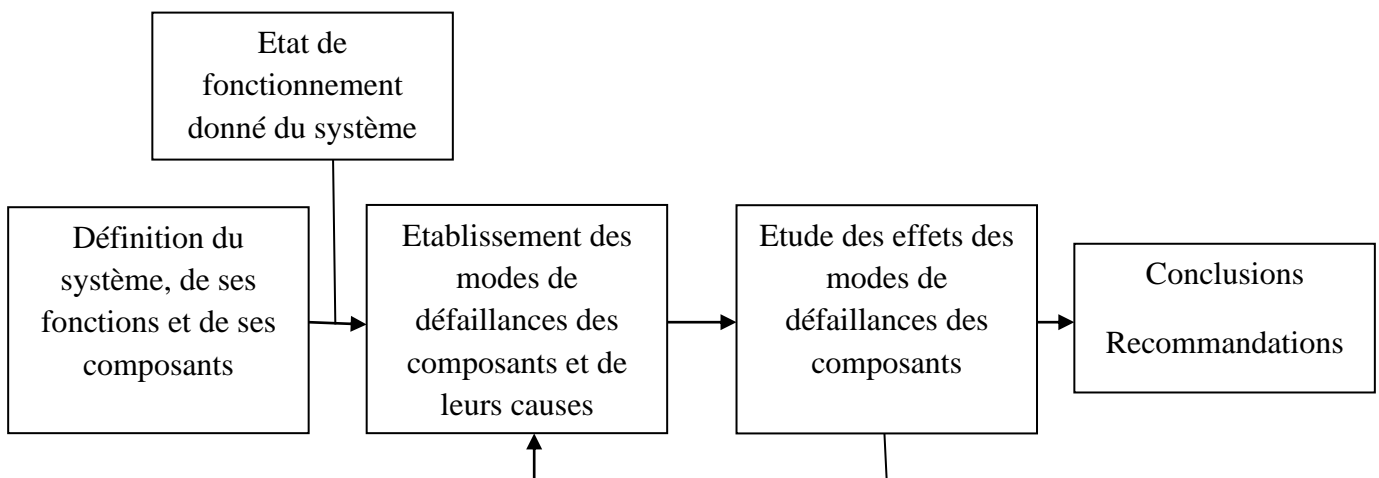


Figure : Etapes d'élaboration de l'AMDE

3.1. Définition du système, de ses fonctions et de ses composants

Il s'agit de :

- Définition précise du système et de ses fonctions,
- Identification des différents états de fonctionnement, démarrage, arrêt, en attente, en test,...
- Définition des limites fonctionnelles du système ainsi que celles de ses composants,
- Définition des spécifications relatives au fonctionnement du système et de ses fonctions,
- Définition des spécifications relatives à l'environnement.

3.2. Etablissement des modes de défaillances des composants et de leurs causes :

- Un mode de défaillance d'un composant est défini comme l'effet par lequel une défaillance est observée.
- Un recensement des modes de défaillance de chaque composant du système relativement à un état choisi, doit être aussi complet que possible.

Méthodiquement, les modes de défaillance potentiels sont identifiés dans un premier temps. Il est nécessaire d'identifier aussi les causes possibles de ces modes. Les schéma suivant (figure 2) illustre la méthode d'établissement des modes de défaillance d'un composant et de leurs causes.

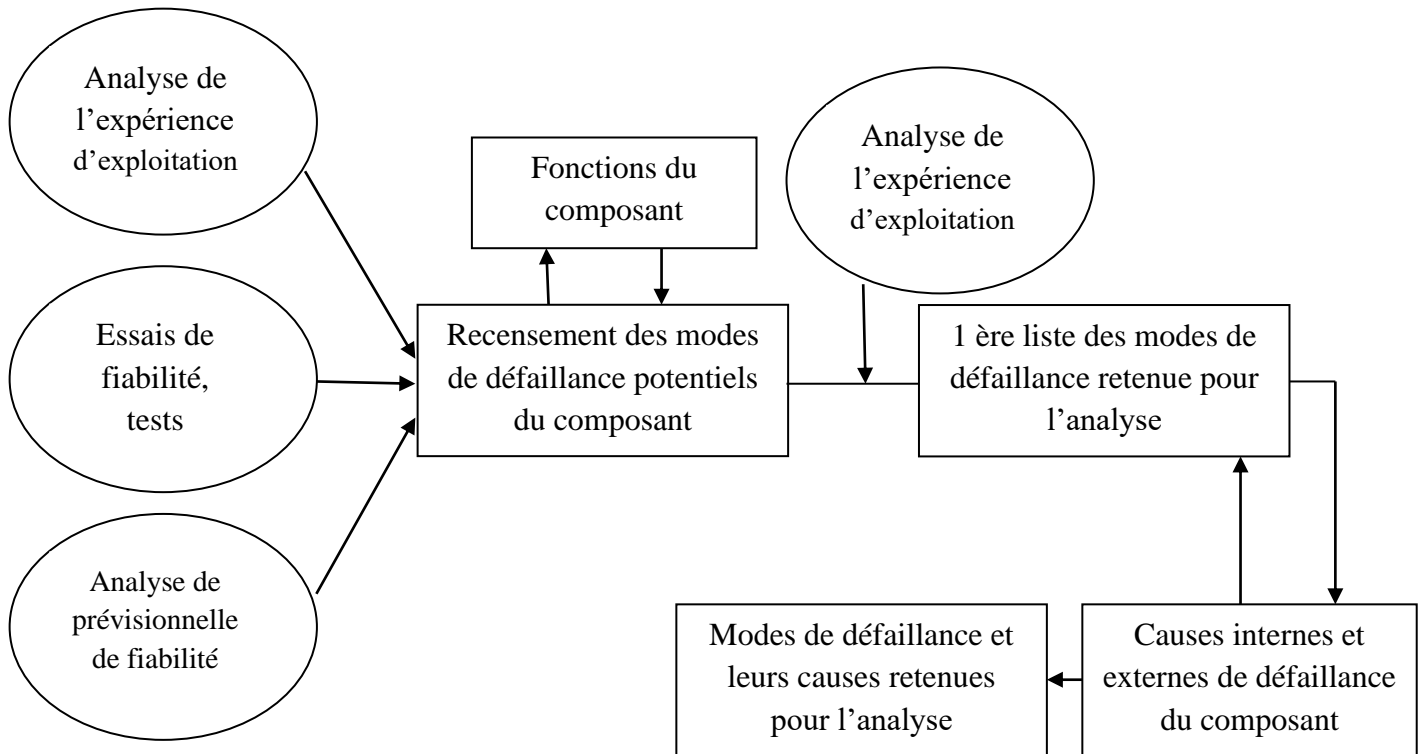


Figure 2 : Etablissement des modes de défaillance d'un composant et de leurs causes

- **Classification des modes de défaillance**

L'analyse doit considérer au moins les quatre modes de défaillance suivants :

- Fonctionnement prématuré (intempestif),
- Ne fonctionne pas au moment prévu,
- Ne s'arrête pas au moment prévu,
- Défaillance en fonctionnement.

Exemple : pour un groupe motopompe, on considère généralement les modes de défaillance suivants :

- Refus de démarrer,
- Refus de s'arrêter,
- Débit inférieur au débit requis,
- Démarrage intempestif,

- Fuite externe.

On pourra également s'aider de la liste-guide de modes de défaillance génériques.

Analyse des défaillances

Tableau 3

MODES DE DEFAILLANCE GENERIQUES (AFNOR X 60510)	
1. Défaillance structurelle (rupture) 2. Blocage physique au coincement 3. Vibrations 4. Ne reste pas en position 5. Ne s'ouvre pas 6. Ne se ferme pas 7. Défaillance en position ouverte 8. Défaillance en position fermée 9. Fuite interne 10. Fuite externe 11. Dépasse la limite supérieure tolérée 12. Est en dessous de la limite inférieure 13. Fonctionnement intempestif 14. Fonctionnement intermittent 15. Fonctionnement irrégulier 16. Indication erronée 17. Ecoulement réduit 18. Mise en marche erronée 19. Ne s'arrête pas	20. Ne démarre pas 21. Ne commute pas 22. Fonctionnement prématuré 23. Fonctionnement après le délai prévu (retard) 24. Entrée erronée (augmentation) 25. Entrée erronée (diminution) 26. Sortie erronée (augmentation) 27. Sortie erronée (diminution) 28. Perte de l'entrée 29. Perte de la sortie 30. Court-circuit (électrique) 31. Circuit ouvert (électrique) 32. Fuite (électrique) 33. Autres conditions de défaillance exceptionnelle suivant les caractéristiques du système, les conditions de fonctionnement et les contraintes opérationnelles

17

Tableau1 : Modes de défaillance génériques (extrait de la norme CEI 60812- 1985)

- **Causes des modes de défaillance**

Les causes internes et externes doivent être définies de façon homogène par rapport à des parties du composant : partie mécanique, partie électrique,Ces mêmes causes peuvent être elles mêmes des modes de défaillance.

Exemple : Gardons le même exemple de la pompe

Modes de défaillance	Causes internes	Causes externes
Refus de démarrer	- Blocage mécanique	- Perte de l'alimentation électrique
Débit inférieur au débit requis	- Défaillance mécanique - Vibrations	- Perte de l'alimentation électrique - Cavitation - Perte de charge importante en amont

Remarquons que les vibrations, considérées comme causes internes, peuvent avoir des effets sur la tuyauterie et les composants en aval de la pompe. Dans ce cas précis, ces vibrations seront considérées comme un mode de défaillance.

Des causes de défaillance résultent parfois des défaillances d'autres composants. La cause externe d'un mode de défaillance M1 d'un composant peut résulter du mode de défaillance M2 d'un autre composant.

D'une manière générale, notons que la Méthode des Combinaisons de Pannes Résumées (MCPR) aide à mieux définir les modes de défaillance.

3.3. Etude des effets des modes de défaillance des composants

On étudie les effets de chaque mode de défaillance sur les fonctions du système et autres composants.

Pour étudier ces effets, on suppose l'existence d'un seul mode de défaillance, les autres composants étant en fonctionnement normal.

Comme aide dans cette étude, on peut modéliser les phénomènes physiques du système ou demander aux spécialistes de préciser les effets d'un mode de défaillance. Cette étape aide à mieux définir ou à redéfinir les causes d'un mode de défaillance (on identifie aussi des défaillances secondes).

3.4. Conclusions et recommandations

La démarche d'une AMDE permet d'aboutir à des résultats intéressants et de tirer de bons enseignements. Elle permet, entre autres :

- De s'assurer que tous les modes de défaillance concevables et leurs effets sur le fonctionnement du système ont été pris en compte au niveau de la conception ;
- D'identifier des défaillances secondes, les besoins en redondance ;
- D'établir, pour chaque mode de défaillance, de procédures de détection (alarmes, tests périodiques,...) ;
- D'établir, pour chaque mode de défaillance, de procédures de maintenance.

4. Présentation de l'analyse et de ses résultats

L'AMDE est généralement présentée sous forme de tableau à colonnes. Dans le domaine du nucléaire, on utilise un tableau à neuf colonnes (voir tableau 1).

Identification du composant	Fonctions Etats	MdD	Causes possibles (internes, externes)	Effets sur le système	Effets sur les systèmes externes	Moyens de détection	Fréquences des inspections ou des essais	observations

Tableau 2 : Tableau d'une AMDE (selon Villemeur, 1988)

5. L'AMDEC

C'est une extension de l'AMDE où l'on considère la probabilité d'occurrence de chaque mode de défaillance et le niveau de gravité des effets de ces défaillances. Donc, l'AMDEC comporte deux parties :

- L'AMDE au sens strict,
- L'analyse de criticité ayant pour but l'évaluation, pour chaque mode de défaillance, le couple « probabilité – gravité ».

Pour estimer la gravité d'un mode de défaillance, on affecte aux effets de ce mode un niveau (ou classe) de gravité. La probabilité de ce mode est calculée à partir d'un recueil de données de fiabilité statistiquement significatives, ou à la limite par jugement d'experts.

Pour l'analyse de criticité, on se sert généralement d'une grille de criticité qui est un moyen commode de présenter les niveaux de gravité en ordonnées et les probabilités de défaillance ou les fréquences en abscisses.

Après avoir classé les modes de défaillance et leur avoir affecté une probabilité ou une fréquence, ceux-ci sont reportés dans les cases correspondantes de la grille selon la gravité et leurs effets.

A noter que plus une case est éloignée de l'origine, le long de diagonale, plus il est urgent de prendre des mesures correctives.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Equipement Repère	Fonctions Etats	MdD	Causes de défaillance	Effet local	Effet final	Moyens de détection	Dispositions compensatoires	P	G	Remarques

Tableau 3 : Exemple d'un tableau type AMDEC

